

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA STROJNÍ

KATEDRA ENERGETIKY



**NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ PRO
OBJEKT – LABORACE, SESTAVA A BALENÍ NÁBOJŮ**

**AIR CONDITIONING PROPOSAL OF THE ARMAMENT
PROJECTILE PRODUCTION HALL**

Student:

Bc. Jan Thoř

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Michael Lichý, CSc.

OSTRAVA 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 22. 5. 2009

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 22. 5. 2009

.....

podpis studenta

Adresa studenta:
Okružní 1/3, Horka nad Moravou, 783 35

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěl poděkovat doc. Ing. Michaelu Lichému CSc. za mé vedení při zpracování diplomové práce, rovněž také za poskytnuté informace a čas, který mi věnoval.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Thoř J.: Návrh vzduchotechnického zařízení pro objekt výroby nábojů,
Ostrava: Fakulta strojní, Katedra energetiky, VŠB – TU Ostrava, 2009,
49 s.
Diplomová práce, vedoucí: doc. Ing. Michael Lichý, CSc.

Diplomová práce se zabývá návrhem vzduchotechnického zařízení pro budovu sloužící k výrobě nábojů, která prochází rekonstrukcí. Projekt je rozdělen na dvě části - klimatizace pro prostory sestavy a vážení nábojů a druhá část řeší větrání sanitárních prostor a lakovny. V první části jsme museli zohlednit fakt, že se jedná o prostory s možností výbuchu. Tomu je podřízen celý návrh těchto prostor, kdy máme pouze přívodní větev, odvod vzduchu je realizován pomocí přetlaku. Pro dosažení požadovaných parametrů je vzduch po úpravě v jednotce ještě zvlhčen. Celkové řešení musí vyhovovat jak z hygienického, tak i bezpečnostního hlediska. Součástí diplomové práce je vyčíslení investičních nákladů a výkresová dokumentace.

ANNOTATION OF THESIS

Thoř J.: Air Conditioning Proposal of the Armament Projectile Production Hall,
Ostrava: Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power
Engineering, VŠB – TU Ostrava, 2009, 49 p ,
Thesis, head: doc. Ing. Michael Lichý, CSc.

The thesis concerns an air ventilation draft system for a building where projectiles are produced and which is now being reconstructed . This thesis is divided into two parts. The first part focuses on an air-conditioning for halls where they make and weigh projectiles and the second part focuses on a ventilation for the sanitary rooms and the paint shop. In the first part we had to take into account the possibility of an explosion in these rooms. The whole project concerns this fact, where there is only a supply main and the air outlet is made through an overpressure. For accomplishing required variables the air is humidified. The overall solution must only with both sanitary and safety rules. Thesis also includes a mathematical evaluation of investment costs and graphic documentation.

Obsah:

Obsah	- 7 -
Seznam použitého značení	- 8 -
1. ÚVOD	- 10 -
2. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ	- 11 -
3. POŽADAVKY NA VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACI	- 13 -
3.1 Sanitární prostory	- 13 -
3.2 Lakovna	- 14 -
3.3 Vážení a sestava nábojů	- 14 -
3.3.1 Výpočet tepelné zátěže pro lakovnu, vážení a sestavu	- 15 -
3.3.2 Výpočet objemového průtoku pomocí tepelných zisků	- 17 -
4. NÁVRH DISTRIBUČNÍCH PRVKŮ	- 18 -
4.1 Stanovení typu a množství vyústek	- 18 -
4.1.1 Návrh vyústek pro šatnu – přívod	- 18 -
4.1.2 Návrh vyústek pro WC – odvod	- 19 -
4.1.3 Návrh vyústek pro umývárnu – odvod	- 20 -
4.1.4 Návrh textilních vyústek pro lakovnu, vážení a sestavu - přívod	- 20 -
4.1.4.1 Místnost vážení nábojů – příklad výpočtu	- 21 -
4.1.4.2 Místnost sestavy nábojů	- 24 -
4.1.4.3 Místnost lakovny	- 25 -
4.1.4.4 Instalace	- 27 -
4.1.5 Návrh vyústek pro místnost vážení a sestavy – odvod	- 27 -
4.2 Stěnové mřížky	- 28 -
5. NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ	- 29 -
5.1 Návrh potrubí pro sanitární prostory	- 29 -
5.1.1 Potrubí pro přívod vzdušiny	- 29 -
5.1.2 Potrubí pro odvod vzdušiny	- 30 -
5.2 Návrh potrubí pro vážení, sestavu a lakovnu	- 31 -
5.2.1 Potrubí pro přívod vzdušiny	- 31 -
5.2.1 Potrubí pro odvod vzdušiny	- 32 -
6. VÝPOČET TLAKOVÝCH ZTRÁT VZDUCHOTECH. POTRUBÍ	- 33 -
6.1 Tlakové ztráty sítě v sanitárních prostorách	- 33 -
6.1.1 Ztráty třením	- 33 -
6.1.2 Ztráty místními odpory	- 35 -
6.1.3 Celková tlaková ztráta	- 36 -
6.2 Tlakové ztráty sítě pro místnost vážení	- 37 -
6.2.1 Ztráty třením	- 37 -
6.2.2 Ztráty místními odpory	- 37 -
6.2.3 Celková tlaková ztráta	- 38 -
7. NÁVRH VĚTRACÍ JEDNOTKY A VENTILÁTORU	- 39 -
7.1 Návrh jednotky pro sanitární prostory	- 39 -
7.2 Návrh jednotky pro lakovnu, vážení a sestavu	- 40 -
7.3 Návrh zvlhčovače vzduchu	- 43 -
7.4 Návrh ventilátoru pro lakovnu	- 44 -
7.5 Regulace	- 45 -
8. INVESTIČNÍ NÁKLADY	- 46 -
9. ZÁVĚR	- 47 -
Seznam použité literatury	- 48 -
Seznam příloh	- 49 -

Seznam použitého značení

Symbol veličiny	Jednotka	Veličina
A	[-]	prodyšnost
c_p	[J/(kg*K)]	měrná tepelná kapacita vzduchu
d	[mm]	průměr
d_{ekv}	[mm]	ekvivalentní průměr potrubí
d_{skut}	[mm]	skutečný průřez
d_v	[m ³ /h]	dávka vzduchu
i	[1/h]	intenzita výměny vzduchu
l	[mm]	délka
m_d	[kg/h]	parní výkon
n	[-]	počet zařizovaných předmětů
n_o	[1/min]	otáčky
O	[m]	odvod
O_m	[m ³]	objem místnosti
P	[W]	příkon
P_{sv}	[W]	produkce tepla od svítidel
Q	[kW]	výkon
Q_a	[W]	tepelné zisky venkovního vzduchu
Q_C	[W]	celková produkce tepla
Q_l	[W]	produkce tepla od lidí
Q_L	[W]	celková produkce tepla od lidí
Q_{sv}	[W]	celková produkce tepla od svítidel
Q_t	[kW]	topný výkon
R	[Pa/m]	tlakový spád
Re	[-]	Reynoldsovo kritérium
S	[m ²]	průřez
S_{ef}	[m ²]	efektivní plocha
S_{sv}	[m ²]	osvětlená plocha
t_e	[°C]	teplota venkovního vzduchu
t_i	[°C]	teplota vnitřního vzduchu
t_m	[°C]	teplota média
t_p	[°C]	teplota p řiváděného vzduchu
t_{skut}	[°C]	skutečná teplota
V	[m ³ /s]	objemový průtok
V1	[-]	výbušné prostředí

V_o	$[m^3/h]$	množství odváděného vzduchu
V_p	$[m^3/h]$	množství přiváděného vzduchu
V_{pC}	$[m^3/h]$	celkové množství přiváděného vzduchu
V_{vo}	$[m^3/h]$	množství odváděného vzduchu na 1 vyústku
V_{vp}	$[m^3/h]$	množství přiváděného vzduchu na 1 vyústku
$V/1m^2$	$[m^3/h]$	množství vzduchu na $1 m^2$ textilní vyústky
w	$[m/s]$	rychlost
w_{ef}	$[m/s]$	efektivní rychlost
w_v	$[m/s]$	výtoková rychlost
x	$[g/kg]$	absolutní vlhkost
Δt	$[^{\circ}C]$	pracovní rozdíl teplot
Δp	$[Pa]$	tlaková ztráta
Δp_t	$[Pa]$	tlaková ztráta třením
Δp_m	$[Pa]$	ztráta místním odporem
Δp_C	$[Pa]$	celková tlaková ztráta
Δp_v	$[Pa]$	tlaková ztráta poslední vyústky
ε	$[-]$	relativní drsnost stěn
η	$[%]$	účinnost
φ	$[%]$	relativní vlhkost
λ	$[-]$	součinitel tření
ρ	$[kg/m^3]$	hustota vzduchu
ν	$[m^2/s]$	kinematická viskozita
ξ	$[-]$	součinitel místního odporu

1. ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá návrhem vzduchotechnického zařízení pro objekt, kde dochází ke konečným procesům výroby nábojů. Objekt se nachází na Vsetínsku a jedná se o přízemní budovu z roku 1939, která nyní prochází rekonstrukcí. V sanitárních prostorech a pro lakovnu nábojů se musí zajistit větrání. Pro místnost vážení a sestavy nábojů se musí navrhnout klimatizace. Protože se jedná o prostory s výbušným prostředím, je nutno dodržet stávající normy týkající se této problematiky. Taktéž jsou na tyto prostory kladeny vyšší požadavky než na normální místnosti, jde především o dodržení určité vlhkosti, teploty, intenzity větrání a dodržení bezprůvanového větrání. Vše musí být splněno, aby byl zajištěn hygienický provoz celého pracoviště a nebyla ohrožena bezpečnost.

2. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Mezi sanitární prostory patří šatna, umývárna a WC. Přívod vzduchu je řešen vyústkami v šatně, do umývárny a na WC je přiváděn přes sténové mřížky z šatny. Odvod vzduchu je realizován dvěma vyústkami z WC a čtyřmi vyústkami z umývárny, kde jsou situovány především v oblasti sprch. Vše je navrženo pro čtyřhranné potrubí.

Pro větrání místností byla navržena potrubní jednotka Vento od firmy Remak. Jedná se o kompatibilní zařízení, kde lze jednotlivé komponenty různě kombinovat. Hlavní součásti jsou ventilátor, filtry, tlumiče hluku, vodní ohřívač a deskový rekuperátor, sloužící pro zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu. Jednotka je umístěna v šatně pod stropem. Odvod a přívod vzduchu pro tuto jednotku je veden do vedlejší místnosti (strojovna), kde je potrubí vyústěno sací hlavicí pomocí světlíku nad budovu – na střechu. Sání čistého vzduchu je situováno na severní stranu.

Klimatizace místnosti vážení, sestavy nábojů a lakovny je zajištěna sestavnou klimatizační jednotkou AeroMaster XP 10 firmy Remak. Jednotka je umístěna v prostorách kotelny, sestává se z ventilátoru, vodního ohřívače a chladiče, eliminátoru kapek a tlumiče hluku. Přívodní potrubí do jednotky je řešeno stejně jako u jednotky Vento. Zvlhčování vzduchu je zajištěno parním zvlhčovačem Condair CP3 Basic 60 230V, který je také umístěn v prostorách kotelny. Pára je vedena ze zvlhčovače parní hadicí do distribuční trubice umístěné ve čtyřhranném potrubí za jednotkou. Zvlhčený vzduch je dále rozveden kruhovým potrubím do místnosti vážení, sestavy nábojů a také do lakovny. Vzduch je distribuován textilními vyústkami. Odvod vzduchu z místnosti vážení a sestavy se děje na základě přetlaku vzduchu v místnosti. Samotný odvod je pouze přes vyústky, kruhové potrubí, klapky a protidešťovou žaluzii.

Lakovna je vybavena stříkácí kabinou s technologickým odsáváním. Pro mimoprovozní dobu je odsávání vzduchu z lakovny řešeno nástěnným axiálním ventilátorem - konstrukční provedení do prostředí s nebezpečím výbuchu. Pro lakovnu bylo požadované pouze větrání, ale z technického hlediska zvlhčený vzduch v lakovně nevadí. Toto konstrukční řešení je výhodné především z ekonomického hlediska, nemusíme navrhovat samostatnou jednotku pro lakovnu.

Technické řešení klimatizace a odvodu vzduchu z prostor vážení, sestavy a lakování je především důsledkem toho, že se jedná o prostředí s klasifikací výbušného prostoru V1. Dle ČSN EN 1127–1 jsou zóny stanoveny takto:

Zóna 0 – trvalé nebezpečí

1 – občasný výskyt nebezpečí

2 – krátkodobý výskyt nebezpečí

Jednotlivé zóny jsou ještě rozděleny dle média, které tvoří výbušnou směs se vzduchem na:

- Zóna pro prachy – výbušná atmosféra vytvořena oblakem zvířeného hořlavého prachu se vzduchem, vznikající při běžném provozu příležitostně.
- Zóna pro plyny / páry - prostor, kde při běžném provozu je pravděpodobnost výskytu výbušné atmosféry směsi hořlavých látek ve formě pára se vzduchem příležitostná.

V našem případě je místnost pro vážení a sestavu zónou pro prachy, lakovna je zóna pro plyny / páry. Důležité je vyloučení nebo minimalizace rizikovosti vzniku výbušného prostředí. To se děje prostřednictvím zvlhčování vzduchu, bezprůvanového větrání, použitím textilních výustek a co nejrychlejším a nejkratším odvodem znečištěného vzduchu z místností ven.

3. POŽADAVKY NA VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACI

Výměnu vzduchu můžeme vypočítat podle dvou nejčastěji používaných metod a to podle intenzity výměny vzduchu nebo podle dávky čerstvého vzduchu. U sanitárních prostor určíme dávky vzduchu z počtu zařizovacích předmětů WC a umývárny. Naopak u lakovny se řídíme dle technologického odsávání stříkací kabiny, které je 1000 m³/h. Při výpočtu množství vzduchu pro místnost vážení a sestavy vycházíme ze zadané intenzity větrání. Stanovení množství vzduchu z tepelných zisků vnitřních a vnějších slouží jako kontrolní výpočet.

3.1 Sanitární prostory

Větrání dimenzujeme z množství odváděného vzduchu z umývárny a WC, přívod vzduchu bude pouze v šatně a celkové větrání bude podtlakové. To nám bude zabezpečovat, že pára se nedostane z umývárny do šatny a čistý vzduch bude zase lépe proudit opačným směrem. U umývárny vycházíme z předpokladu, že se tam nachází čtyři sprchy a čtyři umyvadla, na WC jsou tři mísy. Doporučené dávky čerstvého vzduchu předepisuje nařízení vlády č. 361/2007, tabulka 3.1.

Tab. 3.1 Doporučené dávky čerstvého vzduchu na osobu

Místnost	Množství	Jednotka
Záchod - 1 kabina	50	m ³ /h
Umývárna - 1 umyvadlo	30	m ³ /h
Umývárna - 1 sprcha	150	m ³ /h

Celkový objemový průtok odváděného vzduchu se spočítá ze vztahu:

$$\dot{V}_o = n \cdot d_v \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3.1)$$

$$\dot{V}_o = 4 \cdot 30 + 3 \cdot 50 + 4 \cdot 150$$

$$\dot{V}_o = 870 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kde n ...počet zařizovacích předmětů

[-]

d_v ...dávka vzduchu

[m³/h]

Jelikož jsme brali spodní hranice dávek vzduchu, můžeme výsledek zaokrouhlit nahoru na 900 m³/h. Z důvodu podtlakového větrání musím zajistit větší objemový průtok na odvod vzduchu oproti přívodu. Pro odvod tedy volím $V_O = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$ a na přívodu bude $V_P = 900 \text{ m}^3/\text{h}$.

3.2 Lakovna

V lakovně je požadavek na odvětrávání pro mimoprovozní dobu stříkací kabiny, kdy zde ještě můžou být zbytky par nebo budou prováděny další práce a tím pádem může docházet ke vzniku výbušné atmosféry. Technologické odsávání kabiny je 1000 m³/h, tzn. že při provozu kabiny musíme do lakovny přivádět stejné množství vzduchu, jaké je odváděno z kabiny. Pro mimoprovozní dobu kabiny zachováme přiváděné množství vzduchu do lakovny, ale budeme jej odvádět ventilátorem přímo z lakovny. Pak bude $V_O = V_{P1} = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Pro kontrolu stanovíme výměnu vzduchu v lakovně podle doporučené intenzity výměny vzduchu $i = 9 - 20 \text{ 1/h}$. Objemový průtok je pak :

$$\dot{V}_p = O \cdot i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3.2)$$

$$\dot{V}_p = 170 \cdot 9$$

$$V_p = 1530 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kde O_m ...objem místnosti [m³]

iintenzita výměny vzduchu [1/h]

Hodnota $V_p = 1530 \text{ m}^3/\text{h}$ je orientační, a platí pro lakovnu za provozu.

3.3 Vážení a sestava nábojů

Při klimatizaci místnosti vážení a sestavy vycházíme z požadavku investora – intenzita větrání 10 1/h. Po dosazení do vzorce 3.2 získáme následující objemové průtoky :

$$\text{Vážení} - \dot{V}_{p2} = O \cdot i$$

$$\dot{V}_{p2} = 264 \cdot 10$$

$$\dot{V}_{p2} = 2640 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$\text{Sestava} - \dot{V}_{p3} = O \cdot i$$

$$\dot{V}_{p3} = 194 \cdot 10$$

$$\dot{V}_{p3} = 1940 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Z těchto místností je vzduch z bezpečnostních důvodů odváděn přetlakem. Objemové průtoky pro odvod budou tedy

$$\text{Vážení} - V_O = 2540 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Sestava} - V_O = 1840 \text{ m}^3/\text{h}$$

Celkové množství přiváděného vzduchu do místnosti vážení, sestavy a lakovny je dáno součtem jednotlivých objemových průtoků pro přívod:

$$\dot{V}_{pC} = \dot{V}_{p1} + \dot{V}_{p2} + \dot{V}_{p3} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3.3)$$

$$\dot{V}_{pC} = 1000 + 2640 + 1940$$

$$\underline{\underline{\dot{V}_{pC} = 5580 \text{ m}^3 / \text{h}}}$$

3.3.1 Výpočet tepelné zátěže pro lakovnu, vážení a sestavu

Jedná se především o tepelné zisky vnitřních a vnějších zdrojů tepla. Tepelné ztráty všech prostor jsou kryty ústředním topením a oslunění okny vzhledem k nátěrům oken neuvažujeme. Z toho tedy vyplývá, že budeme počítat pouze produkci tepla lidmi a produkci tepla svítidly - to jsou tepelné zisky vnitřní. Vnější tepelné zisky uvažujeme jen tepelné zisky z venkovního vzduchu. Vycházíme z vnitřní požadované celoroční teploty $t = 23 \pm 2^\circ\text{C}$. Výpočet je prováděn dle ČSN 73 0548 na 21. červenec a pro hodinu, kdy jsou jedny z největších tepelných zisků.

• Produkce tepla lidmi

Počet osob $n = 11$ osob

Produkce tepla od lidí při lehké práci u stolu $Q_l = 79 \text{ W}$ [14]

$$Q_L = n \cdot Q_l \quad [W] \quad (3.4)$$

$$Q_L = 11 \cdot 79$$

$$Q_L = 869 \text{ W}$$

• Produkce tepla svítidly

Osvětlená plocha $S_{sv} = 114 \text{ m}^2$

Produkce tepla od zářivky $P_{sv} = 40 \text{ W}$ [14], vycházíme z vysokého požadavku na osvětlení, kdy se jedná o pracoviště s jemnou montáží.

$$Q_{sv} = S_{sv} \cdot P_{sv} \quad [W] \quad (3.5)$$

$$Q_{sv} = 114 \cdot 48$$

$$Q_{sv} = 4560 \text{ W}$$

• Tepelné zisky z venkovního vzduchu

$$Q_a = V_p \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_e - t_i) \quad [W] \quad (3.6)$$

$$Q_a = \frac{5580}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1005 \cdot (30 - 23)$$

$$Q_a = 1869 \text{ W}$$

Kde	V_p ...přívod čerstvého vzduchu	[m ³ /s]
	ρ ... hustota přiváděného vzduchu	[kg/m ³]
	c_p ...měrná tepelná kapacita vzduchu	[J/(kg*K)]
	t_eteplota venkovního vzduchu dle [14]	[°C]
	t_iteplota vnitřního vzduchu	[°C]

Celková produkce tepla

$$Q_c = Q_L + Q_{sv} + Q_a \quad [W] \quad (3.7)$$

$$Q_c = 869 + 4560 + 1869$$

$$Q_c = 7298 \text{ W}$$

3.3.2 Výpočet objemového průtoku pomocí tepelných zisků

Pokud známe celkové tepelné zisky, můžeme stanovit množství přiváděného vzduchu dle vzorce:

$$\dot{V}_p = \frac{Q_c}{c_p \cdot \rho \cdot \Delta t} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3.8)$$

$$\dot{V}_p = \frac{7298}{1005 \cdot 1,2 \cdot 4}$$

$$\dot{V}_p = 5446 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Z vypočítaných hodnot můžeme následně stanovit pracovní rozdíl teplot Δt a teplotu přiváděného vzduchu do interiéru.

$$\Delta t = \frac{Q_c \cdot 3600}{c_p \cdot \rho \cdot V_p} \quad [^\circ\text{C}] \quad (3.9)$$

$$\Delta t = \frac{7298 \cdot 3600}{1005 \cdot 1,2 \cdot 5580}$$

$$\Delta t = 3,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = t_i - t_p \rightarrow t_p = t_i - \Delta t \quad [^\circ\text{C}] \quad (3.10)$$

$$t_p = 23 - 3,9$$

$$\underline{t_p = 19,1 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Z výše uvedených výpočtů jsme tedy získali teplotu přiváděného vzduchu, pracovní rozdíl teplot a ověřili jsme si množství dodávaného vzduchu do místností vážení, sestavy a lakovny pomocí tepelné zátěže, které vyšlo $V_p = 5446 \text{ m}^3/\text{h}$. V porovnání s výsledkem ze vztahu 3.2 kde je $V_{pC} = 5580 \text{ m}^3/\text{h}$ můžeme konstatovat, že hodnota V_{pC} je s ohledem na tepelné zisky zvolena správně.

4. NÁVRH DISTRIBUČNÍCH PRVKŮ

4.1 Stanovení typu a množství vyústek

Vyústky slouží pro přívod a odvod vzduchu ve větrané místnosti a na jejich návrhu a dimenzování závisí správná funkce celého systému. Mají vliv na proudění vzduchu, teplotní pole a koncentraci škodlivin. To je důležité především pro pocit pohody osob. Jedná se o rychlý odvod znečištěného vzduchu, vhodnou teplotu a malé rychlosti proudění v pobytové oblasti.

Na sanitární prostory nejsou kladeny žádné zvláštní požadavky co se týče distribuce vzduchu. Proto volím nejjednodušší a také nejlevnější prvek – vyústku. Ta spolehlivě plní funkci přívodu i odvodu vzduchu a je dobře regulovatelná. V našem případě jsou umístěny cca 3,2 m nad podlahou.

Z bezpečnostního a hygienického hlediska je přívod vzduchu do místnosti vážení, sestavy a lakovny řešen pomocí textilních vyústek firmy Příhoda. V místnostech je příležitostná pravděpodobnost výbuchu, proto se musí zabezpečit bezprůvanové větrání. Z textilních vyústek vystupuje vzduch velmi rovnoměrně a při malých rychlostech. Dále je díky textilním vyústkám sníženo riziko vzniku jiskry na minimum oproti klasickým vyústkám, kde je vlivem tření riziko vzniku jiskry mnohem větší.

Odvod vzduchu se děje pomocí přetlaku přes vyústky z pozinkovaného plechu, spiro potrubí, mechanicky regulovatelnou klapku a přes mřížku.

4.1.1 Návrh vyústek pro šatnu – přívod

Vycházíme z celkového množství přiváděného vzduchu $V_p = 900 \text{ m}^3/\text{h}$, počet vyústek je $n_p = 2$. Pak množství vzduchu na jednu vyústku bude:

$$V_{vp} = \frac{V_p}{n_p} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (4.1)$$

$$V_{vp} = \frac{900}{2}$$

$$V_{vp} = 450 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Volím průmyslové vyústky dvouřadé s regulací R2 z katalogu firmy ELEKTRODESIGN:

1) VP – 2.0 560 x 200

2) VP – 2.0 825 x 125

Návrh rozměru byl omezen velikostí přívodního potrubí a technickým provedením odvodního potrubí, které se kryje s přívodním. Jedna vyústka je zespodu a druhá z boku přívodního potrubí.

U obou vyústek je dodržena rychlost vzduchu ve vyústce, dle literatury č.4 to je pro obytné místnosti v rozmezí 2,5 – 4 m/s. Skutečné rychlosti ve vyústce jsou:

$$1) W_{ef} = \frac{\dot{V}_{vp}}{3600 \cdot S_{ef}} \quad [\text{m/s}] \quad (4.2)$$

$$W_{ef} = \frac{450}{3600 \cdot 0,0808}$$

$$W_{ef} = 1,55 \text{ m/s}$$

$$2) W_{ef} = \frac{\dot{V}_{vp}}{3600 \cdot S_{ef}}$$

$$W_{ef} = \frac{450}{3600 \cdot 0,0742}$$

$$W_{ef} = 1,68 \text{ m/s}$$

4.1.2 Návrh vyústek pro WC – odvod

Celkové množství odváděného vzduchu $V_o = 200 \text{ m}^3/\text{h}$, počet vyústek je $n_o = 2$. Pak množství vzduchu na jednu vyústku bude dle (4.1) :

$$V_{vo} = \frac{V_o}{n_o}$$

$$V_{vo} = \frac{200}{2}$$

$$V_{vo} = 100 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Volím průmyslové vyústky jednořadé z katalogu firmy ELEKTRODESIGN:

VP – 2.0 200 x 100

4.1.3 Návrh výústek pro umývárnu – odvod

Celkového množství odváděného vzduchu $V_o = 800 \text{ m}^3/\text{h}$, počet výústek je $n_o = 4$. Pak množství vzduchu na jednu výústku bude dle (4.1) :

$$V_{vo} = \frac{V_o}{n_o}$$

$$V_{vo} = \frac{800}{4}$$

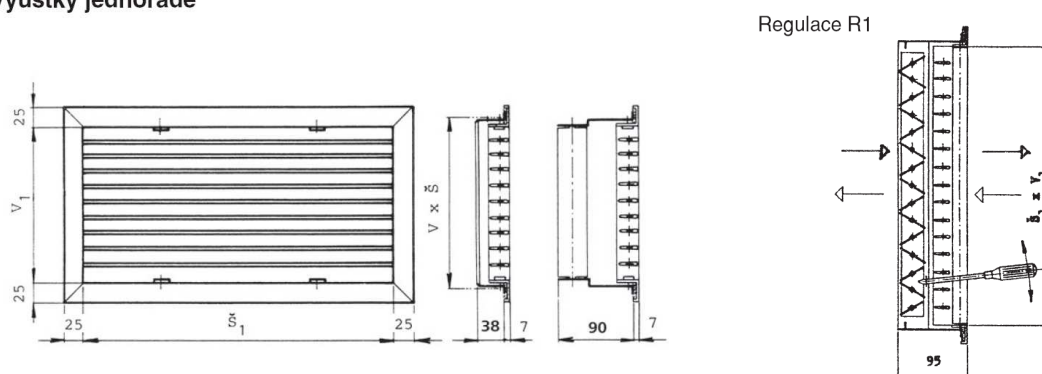
$$V_{vo} = 200 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Volím průmyslové výústky jednořadé z katalogu firmy ELEKTRODESIGN:

VP – 2.0 400 x 100

Tři výústky jsou umístěny v prostoru sprch a jedna je nad umyvadly, jako celek by měly zabezpečit rovnoměrné odvětrávání z místnosti.

Výústky jednořadé



Obr. 4.1 Průmyslová výústka jednořadá s regulací R1 [8]

4.1.4 Návrh textilních výústek pro lakovnu, vážení a sestavu - přívod

Pro distribuci vzduchu do místnosti lakovny, vážení a sestavy jsou ideální textilní výústky, jak již bylo uvedeno v kapitole 4.1. Jde o perforovanou prodyšnou textilií bez otvorů. Vstupní veličiny pro samotný návrh textilní výústky jsou dopravované množství vzduchu, přetlak, průměr, délka a průřez výústky. K samotnému návrhu jsem použil software firmy Příhoda (obr. 4.3) který po zadání vstupních veličin vyhodnotí nejvhodnější typ výústky.

4.1.4.1 Místnost vážení nábojů – příklad výpočtu

1) Objemový průtok vzduchu :

Viz kapitola 3.3 – $V_p = 2640 \text{ m}^3/\text{h}$

2) Přetlak :

Výrobce uvádí minimální přetlak pro střední hmotnost materiálu 50 Pa. Pokud je tlak menší, doporučuje se použít přídavné napínací obruče, naopak se stoupajícím tlakem se zlepšuje nafouknutí a vzhled. Proto volím přetlak 100 Pa.

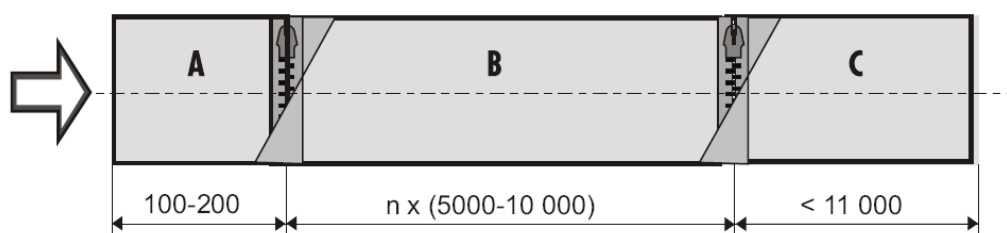
3) Průměr :

Průměr určíme dle přílohy č. 5 pomocí průtoku vzduchu. Vychází:

- průměr vyústky $d = 250 \text{ mm}$
- průřez $S = 0,05 \text{ m}^2$
- účinný obvod $O = 0,78 \text{ m}$

4) Délka :

Z dispozice prostoru vyplývá možná délka $l = 7200 \text{ mm}$. Vyústka se skládá ze tří částí – začátku A, průběžného dílu B a zaslepovacího dílu C. Jednotlivé díly se spojují zipy. Do specifikace se uvede pouze celková délka v mm (obr. 4.2), tedy $A+B+C$. Vyústka se rozdělí na úseky při výrobě.



Obr. 4.2 Délka textilní vyústky – nejčastější případ [12]

5) Průřez :

Rozlišuje se 6 různých průřezů vyústek – kruhový, půlkruhový, čtvrtkruhový, kruhová úseč, kruhová výseč a čtyřhran. Nejčastěji se ale používají kruhové a půlkruhové. Půlkruhový se používá pokud není místo na kruhový nebo pro náročnější interiéry. Volím tedy kruhový průřez, je výhodný na údržbu a doporučuje se používat přednostně.

Všechny základní údaje (bod 1-5) zapišeme do softwaru, viz obr. 4.3. Ještě je nutno zapsat počet kusů, tzn. počet větví v místnosti. Pro místnost vážení jsou dostačující 2 vyústky.

Obr. 4.3 Software Příhoda – programový návrh [12]

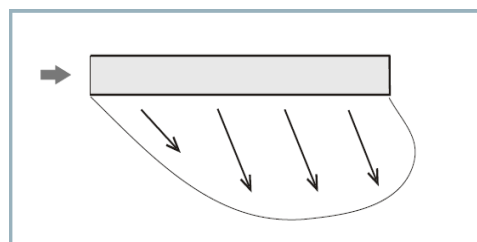
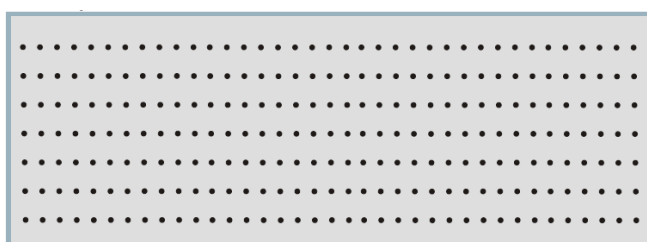
• Výsledky software Příhoda – místnost VÁŽENÍ

Tkanina PMS - střední hmotnost

- standardní požární odolnost (100% polyester)
- prodyšná, bílá barva

Mikroperforace - A1 7,1m : prodyšná tkanina je v délce 7,1 m

- rovnoměrná



Obr. 4.4 Mikroperforace, šíření vzduchu [12]

Kompletní seznam montážního materiálu, viz kapitola 4.1.4.4 - Instalace.

Pozice 1 - 2ks ... 1-C250/7200 FB/PMS-2/WH



Obr. 4.5 Skutečné rozměry vyústky pro místnost vážení [12]

Před odesláním souboru k vyhodnocení nám program vypočítá rychlost ve vyústce. V každé ze dvou větví je rychlost $v = 7,5 \text{ m/s}$.

Dále si můžeme spočítat množství vzduchu na 1 m^2 vyústky ze vztahu [12] :

$$\dot{V} / 1\text{m}^2 = \frac{\dot{V}_p}{O \cdot L} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (4.3)$$

$$\dot{V} / 1\text{m}^2 = \frac{1320}{0,78 \cdot 7,2}$$

$$\dot{V} / 1\text{m}^2 = 235 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Z přílohy č. 6 určíme výtokovou rychlost dle vztahu:

$$w_v = \frac{\dot{V}_p}{3600 \cdot O \cdot L} \quad [\text{m/s}] \quad (4.4)$$

$$w_v = \frac{1320}{3600 \cdot 0,78 \cdot 5}$$

$$w_v = 0,094 \text{ m/s}$$

Na závěr stanovíme prodyšnost tkaniny. V příloze č.6 ji určíme z průtoku $V_p = 1320 \text{ m}^3/\text{h}$ a z tlakové ztráty $\Delta p = 70 \text{ Pa}$. Vychází prodyšnost tkaniny P3 – průtok $350 \text{ m}^3/\text{h}$ při přetlaku 100 Pa .

4.1.4.2 Místnost sestavy nábojů

1) Objemový průtok vzduchu :

$$V_p = 1940 \text{ m}^3/\text{h}$$

2) Přetlak :

Volím přetlak 100 Pa.

3) Průměr :

- průměr vyústky $d = 250 \text{ mm}$

- průřez $S = 0,05 \text{ m}^2$

- účinný obvod $O = 0,78 \text{ m}$

4) Délka :

Z dispozice prostoru vyplývá možná délka $l = 5200 \text{ mm}$.

5) Průřez :

- kruhový

• Výsledky software Příhoda – místnost SESTAVA

Tkanina PMS - střední hmotnost

- standardní požární odolnost (100% polyester)

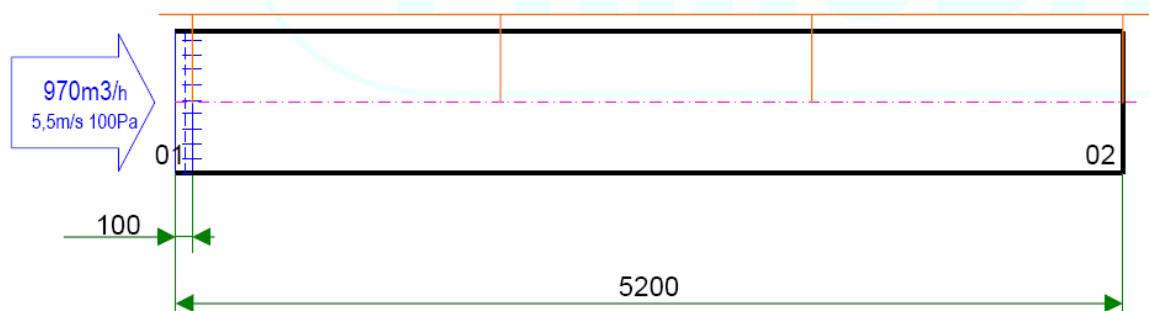
- prodyšná, bílá barva

Mikroperforace - A1 5,1m : prodyšná tkanina je v délce 5,1 m

- rovnoměrná

Kompletní seznam montážního materiálu, viz. kapitola 4.1.4.4 - Instalace.

Pozice 2 - 2ks ... 2-C250/5200 FB/PMS-2/WH



Obr. 4.6 Skutečné rozměry vyústky pro místnost sestavy [12]

- rychlost $v = 5,5 \text{ m/s}$.
- množství vzduchu na 1 m^2 plochy vyústky ze vztahu (4.3) :

$$\dot{V} / 1\text{m}^2 = \frac{\dot{V}_p}{O \cdot L}$$

$$\dot{V} / 1\text{m}^2 = \frac{970}{0,78 \cdot 5,2}$$

$$\dot{V} / 1\text{m}^2 = 239 \text{ m}^3 / \text{h}$$

- výtoková rychlost dle (4.4):

$$w_v = \frac{\dot{V}_p}{3600 \cdot O \cdot L}$$

$$w_v = \frac{970}{3600 \cdot 0,78 \cdot 5,1}$$

$$w_v = 0,067 \text{ m/s}$$

- prodyšnost tkaniny. V příloze č.6 ji určíme z průtoku $V_p = 970 \text{ m}^3/\text{h}$ a z tlakové ztráty $\Delta p = 70 \text{ Pa}$. Vychází prodyšnost tkaniny P3 – průtok $350 \text{ m}^3/\text{h}$ při přetlaku 100 Pa .

4.1.4.3 Místnost lakovny

1) Objemový průtok vzduchu :

$$V_p = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$$

2) Přetlak :

Volím přetlak 100 Pa .

3) Průměr :

- průměr vyústky $d = 250 \text{ mm}$
- průřez $S = 0,05 \text{ m}^2$
- účinný obvod $O = 0,78 \text{ m}$

4) Délka :

Z dispozice prostoru vyplývá možná délka $l = 4800 \text{ mm}$.

5) Průřez :

- kruhový

• Výsledky software Příhoda – místnost LAKOVNA

Tkanina PMS - střední hmotnost

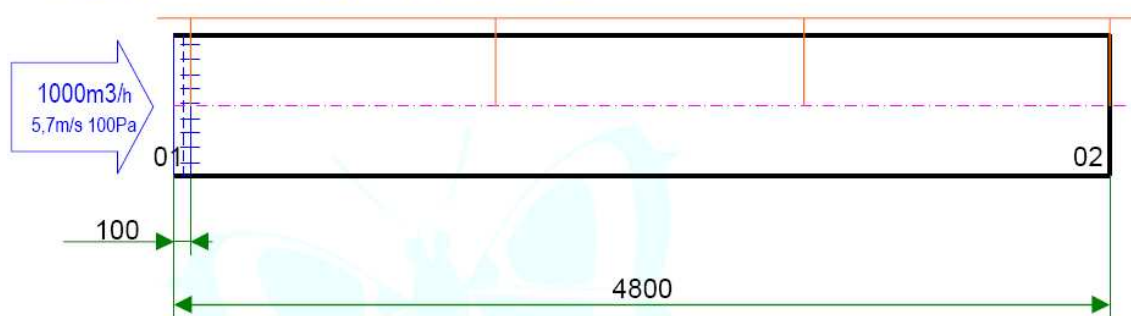
- standardní požární odolnost (100% polyester)
- prodyšná, bílá barva

Mikroperforace - A1 4,7m : prodyšná tkanina je v délce 4,7 m

- rovnoměrná

Kompletní seznam montážního materiálu, viz. kapitola 4.1.4.4 – Instalace

Pozice 3 - 1ks ... 3-C250/4800 FB/PMS-2/WH



Obr. 4.7 Skutečné rozměry výústky pro lakovnu [12]

- rychlost $v = 5,7$ m/s.

- množství vzduchu na 1 m² plochy výústky ze vztahu (4.3) :

$$\dot{V} / 1m^2 = \frac{\dot{V}_p}{O \cdot L}$$

$$\dot{V} / 1m^2 = \frac{1000}{0,78 \cdot 4,8}$$

$$\dot{V} / 1m^2 = 267 \text{ m}^3 / h$$

- výtoková rychlost dle (4.4):

$$w_v = \frac{\dot{V}_p}{3600 \cdot O \cdot L}$$

$$w_v = \frac{1000}{3600 \cdot 0,78 \cdot 4,7}$$

$$w_v = 0,075 \text{ m} / s$$

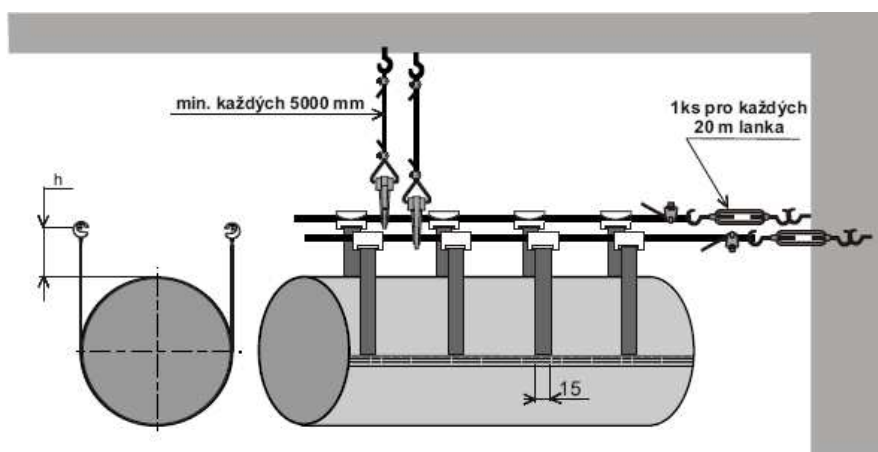
- prodyšnost tkaniny. V příloze č.6 ji určíme z průtoku $V_p = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$ a z tlakové ztráty $\Delta p = 70 \text{ Pa}$. Vychází prodyšnost tkaniny P5 – průtok $550 \text{ m}^3/\text{h}$ při přetlaku 100 Pa .

4.1.4.4 Instalace

Instalace je provedena pomocí lanek, výústka je v dvojitém zavěšení.

Seznam montážního materiálu:

- Plastové pozink lanko
- Pozink zámky a napínáky
- Lankový závěs pozink
- Plastové háčky
- Kruhový nerez připojovací pásek



Obr. 4.8 Zavěšení textilní vyústky [12]

4.1.5 Návrh vyústek pro místnost vážení a sestavy – odvod

• Místnost vážení

Celkové množství odváděného vzduchu z místnosti $V_o = 2540 \text{ m}^3/\text{h}$, odvod je rozdělen na dvě samostatné větve za použití spiro potrubí. Počet vyústek pro jednu větev je $n_o = 2$. Pak množství vzduchu na jednu vyústku bude dle (4.1):

$$V_{vo} = \frac{V_o}{n_o}$$

$$V_{vo} = \frac{1270}{2}$$

$$V_{vo} = 635 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Volím vyústky jednořadé bez regulace do spiro z katalogu firmy Multi-VAC:

VSP - 0 - 625 x 150

• Místnost sestavy

Celkové množství odváděného vzduchu z místnosti $V_o = 1840 \text{ m}^3/\text{h}$, odvod je rozdělen na dvě samostatné větve za použití spiro potrubí. Počet vyústek pro jednu větev je $n_o = 2$. Pak množství vzduchu na jednu vyústku bude dle (4.1):

$$V_{vo} = \frac{V_o}{n_o}$$

$$V_{vo} = \frac{920}{2}$$

$$V_{vo} = 460 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Volím vyústky jednořadé bez regulace do spiro z katalogu firmy Multi-VAC:

VSP - 0 - 625 x 125

4.2 Stěnové mřížky

Stěnové mřížky slouží k distribuci vzduchu z prostor šatny do umývárny a na WC. Jsou voleny v závislosti na množství přiváděného vzduchu, vycházím z kapitoly 4.1.1. Mřížky se nachází ve výšce 2,7 m od podlahy, pro distribuci vzduchu do umývárny byly zvoleny pro dva otvory čtyři stěnové mřížky od firmy MANDÍK :

SMM 20 600 X 200

Pro přívod vzduchu na WC byly navrženy dvě stěnové mřížky, také od firmy MANDÍK :

SMM 20 200 X 200

5. NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ

Pro dimenzování použijeme metodu stálého tlakového spádu. Jedná se o nejpoužívanější metodu. Musíme si zvolit hlavní větev a na ní určíme konstantní tlakovou ztrátu. Hlavní větev rozdělíme na úseky (obr 5.1 a 5.2), které poté samostatně dimenzujeme. Abychom dodrželi konstantní tlakový spád, musí se rychlost od konce potrubí směrem k jednotce zvyšovat a tím pádem se bude měnit průřez vzduchotechnického potrubí.

Při prvním návrhu vycházím z [4] kde podle diagramu na návrh potrubní sítě [příloha č.1] určíme podle tlakové ztráty a objemového množství předběžný průměr potrubí pro jednotlivé úseky. Pro přepočet z kruhového potrubí na čtyřhranné použijeme následující vztah – z průměru potrubí d vypočítáme plochu průřezu S_1 , následně si zvolíme přibližný rozměr ($a \times b$) čtyřhranného potrubí a vypočítáme plochu průřezu S_2 . Při správném návrhu čtyřhranného potrubí platí $S_1 = S_2$. Při návrhu čtyřhranného potrubí se řídíme katalogovými listy [příloha č.2] firmy ZVVZ, ale pokud je to nutné, je možnost udělat libovolný rozměr. Poté přepočítáme zpět na skutečný kruhový průřez ze vzorce (5.1):

$$d_{skut} = \sqrt{\frac{a \cdot b \cdot 4}{\pi}} \quad [\text{mm}] \quad (5.1)$$

Na konec vypočítáme skutečnou rychlost vzduchu v daném úseku dle:

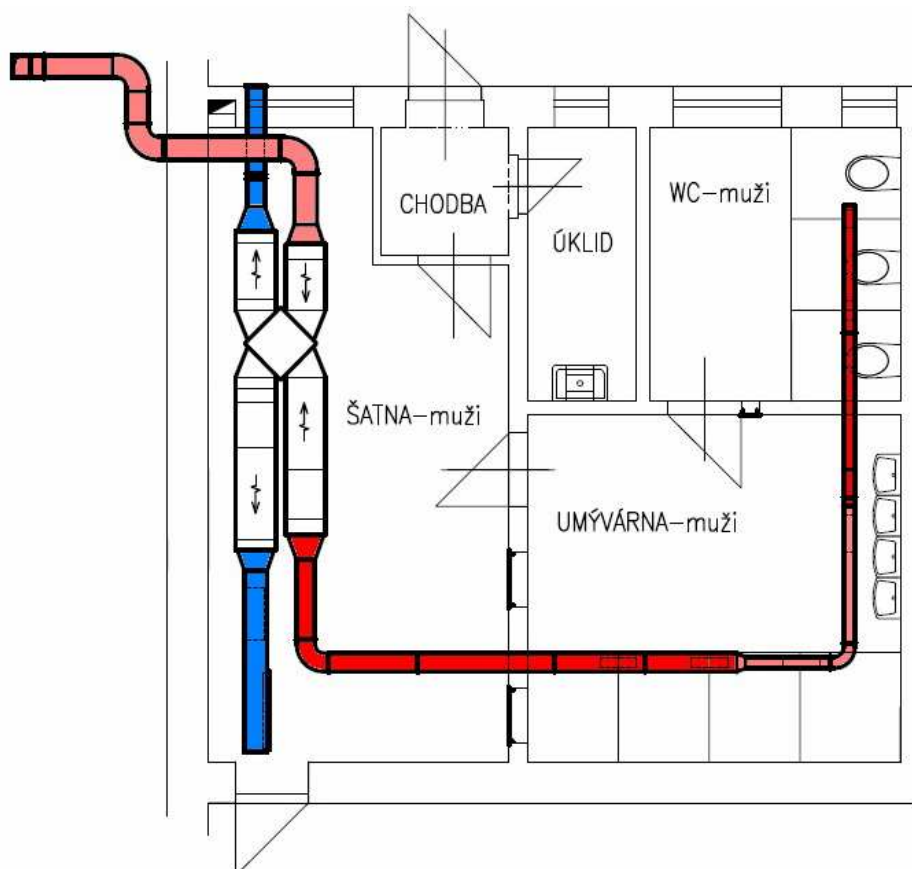
$$w = \frac{V}{S}$$

Kde V ...objemový průtok [m^3/s]
 S ...plocha průřezu [m^2]

5.1 Návrh potrubí pro sanitární prostory

5.1.1 Potrubí pro přívod vzdušiny

Jedná se o úsek č.1, kde jsme si zvolili měrnou tlakovou ztrátu $R = 1 \text{ Pa}$, úsek č.2 je potrubní část za jednotkou která ústí ven. Všechny výpočty jsou uvedeny v (tab. 5.1)



Obr. 5.1 Schéma vedení vzduchovodů a rozdělení na úseky pro sanitární prostory (přívod modrá, odvod červená barva)

Tab. 5.1 Výpočty pro přívodní potrubí

úsek č.	průtok	předběžný návrh		rozměr		skutečné hodnoty	
	V (m ³ /h)	R (Pa/m)	d _h (mm)	a (mm)	b (mm)	d _h (mm)	w (m/s)
1.	900	1	250	250	200	252,31	5,000
2.	900	1	-	250	200	252,31	5,000

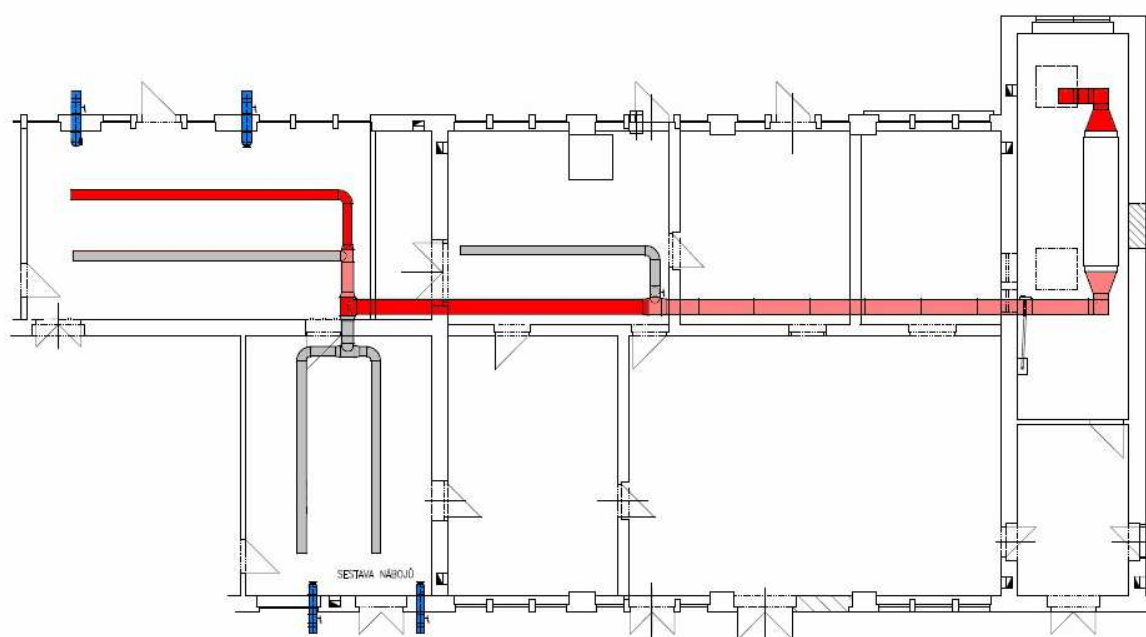
5.1.2 Potrubí pro odvod vzdušiny

V prvním úseku odsáváme vzduch z prostoru WC, je ukončen za prvním přechodem. Druhá část končí za druhým přechodem, jsou zde dvě vyústky. Další úsek pokračuje až k samotné jednotce. Čtvrtý úsek se nachází za jednotkou, potrubí je z šatny vyvedeno přímo stěnou a zakončeno protidešťovou žaluzií.

Tab. 5.2 Výpočty pro odvodní potrubí

úsek č.	průtok	předběžný návrh		rozměr		skutečné hodnoty	
	V (m ³ /h)	R (Pa/m)	d _h (mm)	a (mm)	b (mm)	d _h (mm)	w (m/s)
1.	200	2,4	125	125	100	126,16	4,44
2.	600	2,4	180	125	200	178,41	6,67
3.	1000	2,4	225	200	200	225,68	6,94
4.	1000	2,4	225	200	200	225,68	6,94

5.2 Návrh potrubí pro vážení, sestavu a lakovnu



Obr. 5.2 Schéma vedení vzduchovodů a rozdělení na úseky pro vážení, sestavu a lakovnu (*přívod a hl. větev - červená, odvod modrá barva, šedá jsou vedlejší větve*)

5.2.1 Potrubí pro přívod vzdušiny

Hlavní větev a zároveň nejdelší větev vede do místnosti vážení. Celkem je rozdělen na pět úseků, z čehož úsek 1 – 3 je spiro potrubí, úsek 4 a 5 je čtyřhranné potrubí. První úsek navazuje na textilní vyústku a končí za prvním přechodem, druhý úsek končí před odbočkou do místnosti sestavy. Třetí část pokračuje po odbočku do lakovny. Za touto odbočkou je přechod z kruhové na čtyřhranné potrubí a začíná zde úsek č.4, který pokračuje až k jednotce. Čtyřhranné potrubí je zde z důvodu rozptýlu vodní páry zvlhčovačem, který je

umístěn v prostoru strojovny (podrobný popis zvlhčení vzduchu je uveden v kapitole 7.3). Poslední úsek č.5 přivádí čerstvý vzduch přes výfukovou hlavici do jednotky. Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tab. 5.3.

Tab. 5.3 Výpočty pro přívodní potrubí

úsek č.	průtok	předběžný návrh		rozměr		skutečné hodnoty	
	V	R	d _h	a	b	d _h	w
	(m ³ /h)	(Pa/m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m/s)
1.	1320	1,7	250	-	-	250	7,46
2.	2640	1,7	315	-	-	315	9,41
3.	4580	1,7	400	-	-	400	10,12
4.	5580	1,7	450	400	400	451	9,68
5.	5580	1,7	450	400	400	451	9,68

V potrubní síti jsou umístěny dvě klapky pro možnost regulace vzduchu do místností. V případě mimoprovozního stavu celé lakovny, kdy by bylo zbytečné klimatizovat tuto místnost, je první klapka vřazena za odbočku do lakovny. Druhá klapka je umístěna za odbočkou do místnosti vážení, pro případ nepředvídatelných událostí. Při regulaci se monitoruje teplota vzduchu po smíšení, porovná se s požadovanou veličinou a v závislosti na výsledku srovnání se pomocí klapky se servopohonem koriguje celá soustava.

5.2.1 Potrubí pro odvod vzdušiny

Odvod vzduchu pro místnost vážení a sestavy je zajištěn pomocí přetlaku, tím pádem nepotřebujeme k odvodu žádné ventilátory a celé dimenzování odvodního potrubí se zjednodušuje, pro návrh potrubí stačí znát jeho průměr. Ten zjistíme z množství odváděného vzduchu, pro vážení vychází na jednu samostatnou větev $V_o = 1270 \text{ m}^3/\text{h}$ a pro sestavu to je na jednu větev $V_o = 920 \text{ m}^3/\text{h}$. Z přílohy č. 1 jsme stanovili následující průměry potrubí :

- vážení : d = 250 mm , 2 větve
- sestava : d = 200 mm , 2 větve

V lakovně žádné odvodní potrubí není, vzduch je odváděn přímo ze stříkácké kabiny, nebo pomocí ventilátoru umístěného ve stěně lakovny.

6. VÝPOČET TLAKOVÝCH ZTRÁT VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ

Při navrhování potrubní jednotky musíme znát vstupní údaje, mezi které patří také celkové tlakové ztráty přívodního a odvodního potrubí. Jedná se o ztráty třením a ztráty místními odpory. V kapitole 6.1 je podrobně popsán na úseku č.1 postup výpočtu tlakových ztrát sítě pro sanitární prostory.

6.1 Tlakové ztráty sítě v sanitárních prostorách

6.1.1 Ztráty třením

Tyto ztráty vznikají v celé délce potrubí. Pro výpočet potřebujeme znát ekvivalentní průměr čtyřhranného potrubí, ten zjistíme ze vzorce:

$$d_{ekv} = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b} \quad [\text{mm}] \quad (6.1)$$

$$d_{ekv} = \frac{2 \cdot 250 \cdot 250}{250 + 250}$$

$$d_{ekv} = 222.2 \text{ mm}$$

Následně spočítáme Reynoldsovo kritérium Re ze vztahu (6.2), v našem případě vyšlo v rozmezí $4 - 100 \cdot 10^3$, což je turbulentní proudění, které je rozhodující pro určení součinitele tření λ (6.3) [2]. Pro turbulentní a laminární proudění jsou rozdílné vzorce součinitele tření.

$$Re = \frac{w \cdot d_{ekv}}{\nu} \quad [-] \quad (6.2)$$

$$Re = \frac{5 \cdot 222,2}{0,0000156}$$

$$Re = 71225$$

Kde ν ...kinematická viskozita – při $t=20^\circ\text{C}$ a $p=101,3 \text{ KPa}$ [m^2/s]

$$\lambda = 0,28 \cdot [\log 5,5 \cdot d_{ekv} / (\varepsilon + 55 \cdot d_{ekv} / \text{Re})]^{-0,25} \quad [-] \quad (6.3)$$

$$\lambda = 0,28 \cdot [\log 5,5 \cdot 0,222 / (0,15 + 55 \cdot 0,222 / 71225)]^{-0,25}$$

$$\lambda = 0,01934$$

Kde ε ...relativní drsnost stěn potrubí pro pozink - 0,15 [-]

Tab. 6.1 Pomocné výpočty

úsek č.	d_{ekv} (mm)	Re [-]	λ [-]
Přívod			
1.	222,22	71225	0,0193
2.	222,22	71225	0,0193
Odvod			
1.	111,11	31655	0,0237
2.	153,85	65746	0,0197
3.	200,00	89031	0,0183
4.	200,00	89031	0,0183

Nyní můžeme určit tlakové ztráty třením (6.4), zjistíme z výkresu délky l jednotlivých úseků (pouze rovné části, bez přechodů a tvarovek) a vypočítáme celkové ztráty třením (6.5), všechny výsledky jsou uvedeny v následující tabulce 6.3..

$$R = \frac{\lambda}{d_{ekv}} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \quad [\text{Pa/m}] \quad (6.4)$$

$$R = \frac{0,01934}{0,222} \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 5^2$$

$$R = 1,311 \text{ Pa/m}$$

Kde ρ ...hustota vzduchu – 1,2 [kg/m³]

$$\Delta p_t = R \cdot l \quad [\text{Pa}] \quad (6.5)$$

$$\Delta p_t = 1,311 \cdot 2$$

$$\Delta p_t = 2,62 \text{ Pa}$$

6.1.2 Ztráty místními odpory

Místní ztráty vznikají v částech vzduchovodů, kde dochází k deformaci proudu. Nejčastěji se jedná o kolena, přechody, oblouky, odbočky a všechna místa s narušením proudu. Pro výpočet ztráty tlaku místními odpory použijeme tento vztah:

$$\Delta p_m = \sum \xi \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \quad [\text{Pa}] \quad (6.6)$$

$$\Delta p_m = 0,165 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 5^2$$

$$\Delta p_m = 2,485 \text{ Pa}$$

Kde ξ ...součinitel místního odporu [-]

Součinitele místního odporu pro jednotlivé segmenty byly stanoveny dle [přílohy č.3] s ohledem na tvarovou část, vstupní a výstupní průměry a jsou uvedeny v následující tabulce (6.2)

Tab. 6.2 Místní odpory

Úsek č.	Segment	Počet (ks)	ξ
Přívod			
1.	přechod	1	0,16
2.	koleno	3	0,32
2.	koleno	1	0,25
2.	hlavice	1	0,6
2.	žaluzie	1	2,8

Odvod			
1.	přechod	1	0,27
2.	koleno	1	0,19
2.	přechod	1	0,16
3.	koleno	1	0,25
3.	přechod	1	0,27
4.	přechod	1	0,27
4.	koleno	2	0,08
4.	žaluzie	1	1,7

6.1.3 Celková tlaková ztráta

Celková tlaková ztráta vzduchovodu je dána součtem ztráty třením a ztráty místními odpory (6.7). Všechny důležité výpočty pro přívodní a odvodní potrubí včetně celkových ztrát jsou uvedeny v tabulce (6.3) .

$$\Delta p_c = \Delta p_t + \Delta p_m \quad [\text{Pa}] \quad (6.7)$$

$$\Delta p_c = 2,62 + 2,49$$

$$\Delta p_c = 5,1 \text{ Pa}$$

Tab. 6.3 Celkové tlakové ztráty

úsek č.	Ztráty třením			Ztráty místní		Ztráta v uzlu
	R	l	Δp_t	$\Sigma \zeta$	Δp_m	Δp_c
	(Pa/m)	(m)	(Pa)		(Pa)	(Pa)
přívod						
1.	1,311	2	2,62	0,165	2,48	5,1
2.	1,311	4,46	5,84	4,175	62,88	68,7
Σ			8,5		65,4	73,8
odvod						
1.	2,538	3,20	8,1	0,27	3,2	11,3
2.	3,435	2,43	8,3	0,35	9,4	17,7
3.	2,658	5,57	14,8	0,52	15,1	29,9
4.	2,658	0,88	2,3	1,5	43,6	45,9
Σ			33,6		71,3	104,9

Při určování tlaku ventilátoru je třeba připočítat k výše uvedeným ztrátám také ztrátu koncového segmentu. V našem případě je to pro poslední vyústku VP – 2.0 200 x 100 na odvodu vzduchu, pro kterou jsme zjistili z [3] – příloha č.3 tlakovou ztrátu $p_v=20$ Pa a pro vyústku VP – 2.0 825 x 125 na přívodu vzduchu s tlakovou ztrátou $p_v=10$ Pa při 100% otevření regulace. Výsledná celková tlaková ztráta pak bude:

$$\text{Přívod: } \Delta p_{cp} = \Delta p_t + \Delta p_m + \Delta p_v$$

$$\Delta p_{cp} = 8,5 + 65,4 + 10$$

$$\underline{\Delta p_{cp} = 83,8 \text{ Pa}}$$

Odvod: $\Delta p_{co} = \Delta p_t + \Delta p_m + \Delta p_v$

$$\Delta p_{co} = 33,6 + 71,3 + 20$$

$$\underline{\Delta p_{co} = 124,9 \text{ Pa}}$$

6.2 Tlakové ztráty sítě pro místnost vážení

Při výpočtu jsme použili stejný postup jako v kapitole 6.2. Počítáme pouze tlakové ztráty přírodního potrubí.

6.2.1 Ztráty třením

V tabulce 6.4 jsou pouze základní výpočty pro určení třecích ztrát, uvedených až v tabulce 6.6.

Tab. 6.4 Pomocné výpočty

úsek č.	d_{ekv} (mm)	Re [-]	λ [-]
Přívod			
1.	250	119706	0,0173
2.	315	190010	0,0158
3.	400	259590	0,0149
4.	400	248397	0,0150
5.	400	248397	0,0150

6.2.2 Ztráty místními odpory

Tabulka 6.5 ukazuje všechny místní odpory vzduchovodu. Samotné místní odpory jsou taktéž v tabulce 6.6.

Tab. 6.5 Místní odpory

Úsek č.	Segment	Počet (ks)	ξ
Přívod			
1.	koleno	1	1,18
1.	přechod	1	0,02
2.	přechod	1	0,02
3.	odbočka	1	1,55
3.	přechod	1	0,04
4.	koleno	2	0,5
4.	přechod	1	0,7
5.	přechod	1	0,7
5.	oblouk	3	0,5
5.	žaluzie	1	2,8

6.2.3 Celková tlaková ztráta

Tab. 6.6 Celkové tlakové ztráty

úsek č.	Ztráty třením			Ztráty místní		Ztráta v uzlu
	R	I	Δp_t	$\Sigma \zeta$	Δp_m	Δp_c
	(Pa/m)	(m)	(Pa)		(Pa)	(Pa)
přívod						
1.	2,333	1,11	2,6	1,20	40,3	42,9
2.	2,677	0,80	2,1	0,02	1,1	3,2
3.	2,297	7,71	17,7	1,59	98,2	115,9
4.	2,121	13,00	27,6	1,70	96,1	123,7
5.	2,121	3,27	6,9	5,00	282,7	289,7
Σ			56,9		518,4	575,4

Při určování tlaku ventilátoru je třeba připočítat k výše uvedeným ztrátám také ztrátu koncového segmentu. V případě lakovny to je textilní vyústka C 250/7200 FB/PMS-2/WH pro kterou jsme zjistili z přílohy č.6 tlakovou ztrátu $p_v=100$ Pa. Výsledná celková tlaková ztráta pak bude:

Přívod: $\Delta p_{cp} = \Delta p_t + \Delta p_m + \Delta p_v$

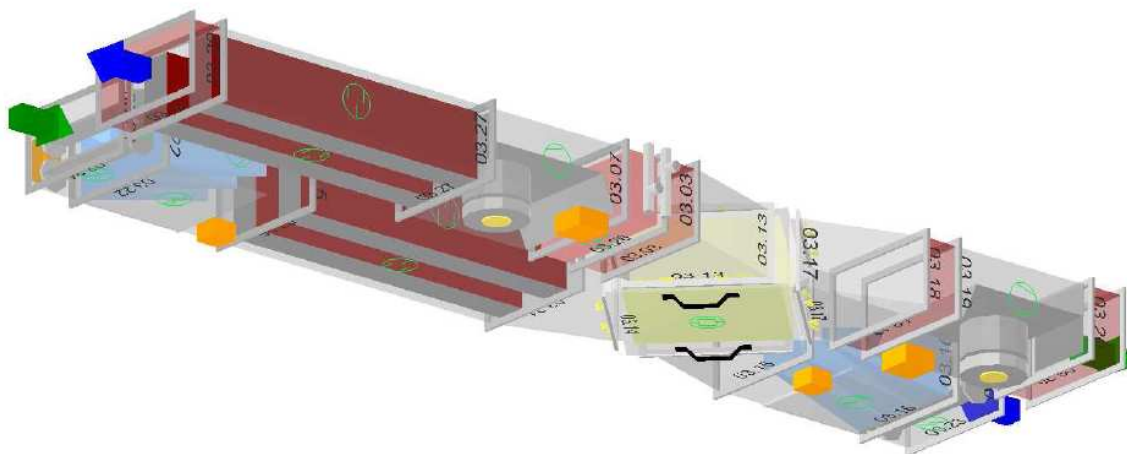
$$\Delta p_{cp} = 56,9 + 518,4 + 100$$

$$\underline{\Delta p_{cp} = 675,4 \text{ Pa}}$$

7. NÁVRH VĚTRACÍ JEDNOTKY A VENTILÁTORU

7.1 Návrh jednotky pro sanitární prostory

Vzhledem k omezeným prostorům jsme zvolili podstropní jednotku Vento typ 40-20 od firmy Remak. Tato jednotka je velmi kompatibilní a jednotlivé komponenty nebo celou jednotku lze přizpůsobit požadavkům investora. V našem případě byla jednotka vhodně začleněna do prostorů šatny. Jednotka se bude skládat z deskového rekuperátoru, vodního ohřívače, filtrů, ventilátorů, tlumících vložek a dalších nezbytných příslušenství. Při návrhu byl použit software firmy Remak – AeroCad, kde jsme vycházeli z předcházejících výpočtů.



Obr. 7.1 Potrubní jednotka Vento 40-20 z programu AeroCAD [7]

• Parametry pro návrh :

- průtok přívodního vzduchu $V_P = 900 \text{ m}^3/\text{h}$
- průtok odvodního vzduchu $V_O = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$
- celková tlaková ztráta na přívodu $\Delta p_{cp} = 47,2 \text{ Pa}$
- celková tlaková ztráta na odvodu $\Delta p_{co} = 102,9 \text{ Pa}$
- teplá voda pro ohřev 90/70°C

• **Parametry jednotky :**

- průtok přívodního vzduchu $V_P = 900 \text{ m}^3/\text{h}$
- průtok odvodního vzduchu $V_O = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$
- tlaková ztráta přívodu celkem $\Delta p_{cp} = 343 \text{ Pa}$
- tlaková ztráta odvodu celkem $\Delta p_{co} = 409 \text{ Pa}$
- výstupní teplota z přívodu (zima / léto) $t = 21 / 29 \text{ }^\circ\text{C}$
- výstupní relativní vlhkost z přívodu (zima / léto) $\phi = 6 / 38 \%$

Deskový rekuperátor HRV 40-20

Účinnost (zima / léto) $\eta = 44 / 39 \%$

Výkon (zima / léto) $Q = 5,3 / 0,1 \text{ kW}$

Vodní ohříváč VO 40-20/2R

Topný výkon skutečný $Q_t = 6,4 \text{ kW}$

Teplota vzduchu za ohříváčem (skutečná) $t_{skut} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$

Výstupní teplota média (skutečná) $t_m = 41 \text{ }^\circ\text{C}$

Ventilátor RP 40-20/20 - 4E

a) přívodní - Elektrický příkon $P = 239 \text{ W}$

Celkový tlak $P_c = 169 \text{ Pa}$

b) odvodní - Elektrický příkon $P = 264 \text{ W}$

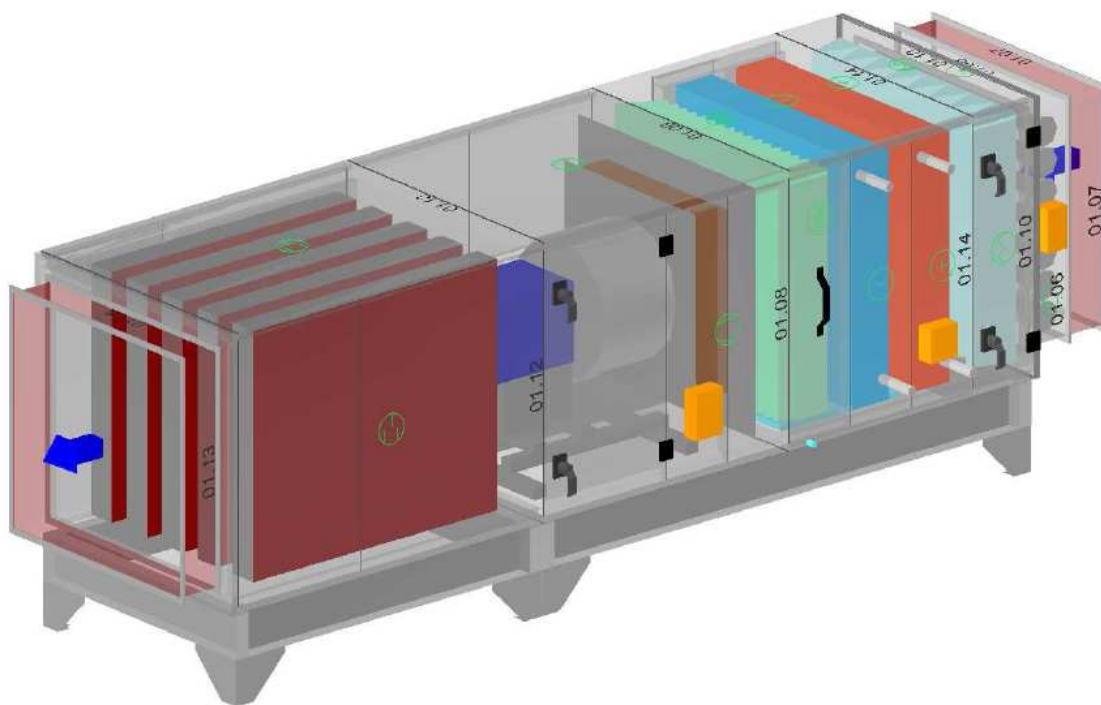
Celkový tlak $P_c = 132 \text{ Pa}$

Ventilátor je vybaven regulátorem výkonu **TRN 2E** s pěti regulačními stupni. Jedná se o napěťovou regulaci ventilátoru, kdy se otáčky mění se změnou napětí na svorkách elektromotoru. Nedochází k rušení, hučení, pískání a k vibracím motoru. Výkon lze regulovat v pěti stupních s krokem cca 20 %, čemuž odpovídá průtok vzduchu v rozmezí $592 - 1292 \text{ m}^3/\text{h}$ [7]. Regulací průtoku vzduchu se přizpůsobujeme aktuálním požadavkům na větrání místnosti dle pohybu osob, což je důležitá především kvůli energetickým úsporám.

7.2 Návrh jednotky pro lakovnu, vážení a sestavu

Při návrhu jednotky jsme vycházeli z kapitoly 3.3. Tyto prostory jsou klimatizovány a vzduch bude přes jednotku pouze přiváděn. Navržená klimatizační jednotka AeroMaster XP 10 firmy Remak proto nebude obsahovat

rekuperační výměník. Bude sestavena z filtru, vodního ohřívače a chladiče, eliminátoru kapek, ventilátoru, regulátoru výkonu, tlumící vložky a tlumiče hluku. Jednotka bude umístěna v prostorách strojovny, dispoziční řešení je znázorněno ve výkresové dokumentaci (č.v. SN2ESZ01 – DP.01). Při návrhu byl použit software firmy Remak – AeroCad.



Obr. 7.2 Potrubní jednotka AeroMaster XP 10 z programu AeroCAD [7]

• **Parametry pro návrh :**

- průtok přírodního vzduchu $V_P = 5580 \text{ m}^3/\text{h}$
- celková tlaková ztráta na přívodu $\Delta p_{cp} = 675,4 \text{ Pa}$
- teplota vzduchu v místnosti $t_i = 19 \pm 2^\circ\text{C}$
- teplá voda pro ohřev $90/70^\circ\text{C}$

• **Parametry jednotky :**

- průtok přírodního vzduchu $V_P = 5580 \text{ m}^3/\text{h}$
- tlaková ztráta celkem $\Delta p_c = 755 \text{ Pa}$
- výstupní teplota z přívodu (zima / léto) $t = 19 / 19^\circ\text{C}$
- výstupní relativní vlhkost z přívodu (zima / léto) $\phi = 3 / 73 \%$

Filtrační vložka**XPHO 10/K**

Netkaná, tepelně a mechanicky zpevněné textilie - 100% polyester

Vodní ohřívač**XPNC 10/1R**

Topný výkon skutečný $Q_t = 20,6 \text{ kW}$

Teplota vzduchu za ohřívačem (skutečná- zima / léto) $t_{\text{skut}} = 19 / 46 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Výstupní teplota média (skutečná) $t_m = 36^{\circ}\text{C}$

Vodní chladič**XPND 10/4R**

Chladicí výkon skutečný $Q_{\text{Ch}} = 65,9 \text{ kW}$

Výstupní teplota média (skutečná) $t_m = 13^{\circ}\text{C}$

Teplota vzduchu za chladičem (skutečná- zima / léto) $t_{\text{skut}} = 19 / 19 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Výstupní relativní vlhkost (zima / léto) $\varphi = 3 / 73 \text{ } \%$

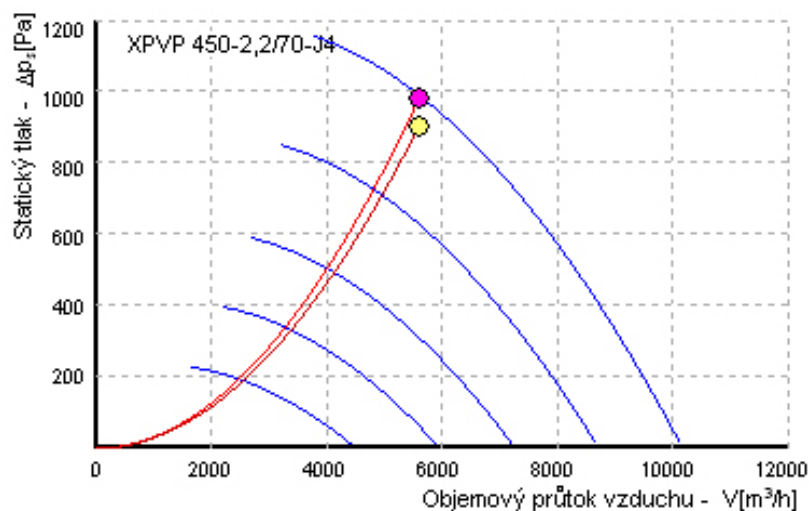
Ventilátor**XPAP 10/S**

Celkový tlak $P_c = 1028 \text{ Pa}$

Účinnost $\eta = 76 \text{ } \%$

Použití přímého pohonu je výhodné zejména pro spolehlivost zařízení, úsporu elektrické energie, možnost vyloučení druhého stupně filtrace a zmenšení nákladů na servis.

Ventilátor je vybaven regulátorem výkonu **XPFM 2.2(3x400V) M** a lze jej provozovat standardně v 5-ti výkonových stupních, případně i plynule. Charakteristika, pracovní bod ventilátoru a možný rozsah průtoku vzduchu je znázorněn na obr. 7.3. Regulátorem výkonu je frekvenční měnič, který přináší energetické úspory.



Obr. 7.3 Charakteristika ventilátoru [AeroCad]

7.3 Návrh zvlhčovače vzduchu

Zvlhčení vzduchu pro místnost vážení a sestavy je jedním z požadavků investora. Zvlhčený vzduch nám zajistí stále klimatické podmínky v interiéru. Byl vybrán parní zvlhčovač CP3 firmy Flair. Pro návrh zvlhčovače jsme museli nejprve vypočítat maximální parní výkon:

$$m_D = \frac{V_p \cdot \rho}{1000} \cdot (x_2 - x_1) \quad [\text{kg/h}] \quad (7.1)$$

$$m_D = \frac{5580 \cdot 1,2}{1000} \cdot (9,5 - 0,4)$$

$$m_D = 60,2 \text{ kg/h}$$

Kde x_2 ...požadovaná absolutní vlhkost vzduchu [g/kg]

x_1 ...min. absolutní vlhkost dodávaného vzduchu [g/kg]

Hodnota $x_2 = 9,5 \text{ g/kg}$ je při teplotě $t_2 = 23^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti $\varphi_2 = 55\%$, což odpovídá optimálním klimatickým podmínkám pro vážení a sestavu. Hodnota $x_1 = 0,4 \text{ g/kg}$ je při teplotě $t_1 = 21^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti $\varphi_1 = 3\%$, toto jsou podmínky při zimním provozu (vše je zaznačeno v příloze č. 7). Celé zařízení je dimenzováno na zimní období, kdy jsou nejnižší relativní vlhkosti vzduchu.

Z přílohy č. 8 si zvolíme model zvlhčovače, na výběr jsou dvě varianty – Basic a Pro. V naše případě je dostačující model Basic (parní výkon do 90 W h). Výsledné zařízení pro zvlhčování vzduchu je :

Parní zvlhčovač **Condair CP3 Basic 60 230V3**

Parní zvlhčovač CP3 je beztlakový vyvíječ páry, který využívá elektrodového ohřevu, vzduch je zvlhčován přes distributor páry – parní distribuční trubici (obr. 7.4 - b). Při její instalaci je nutno dodržet jisté zásady jako jsou: montáž distribuční trubice se provádí pouze do čtyřhranného potrubí, v blízkosti musí být revizní otvor, v rozsahu rozptylové vzdálenosti (1,5–2 m) by mělo být potrubí vodotěsné. Své specifika má i instalace zařízení (viz příloha č. 9) a umístění do místnosti (viz příloha č. 10). Podrobnější informace o zařízení a instalaci jsou v katalogu firmy Flair.



a)



b)

Obr. 7.4 Parní zvlhčovač (obr. a) a distribuční trubice (obr. b) [13]

7.4 Návrh ventilátoru pro lakovnu

Ventilátor bude pracovat ve výbušném prostředí, kde je zóna výbušnosti (pro plyny a páry) s občasným výskytem. Tomuto musí být taky přizpůsobena jeho konstrukce. Při návrhu vycházíme z kapitoly 3.2 kdy musíme z místnosti při mimoprovozní době stříkací kabiny odsávat $V_o=1000 \text{ m}^3/\text{h}$. Ventilátor navrhujeme od firmy.Multi-VAC dle přílohy č.11 a vycházíme předpokladu že máme $\Delta p= 0 \text{ Pa}$. Volíme:

Ventilátor

QC – ATX 202 - T

$P= 0,12 \text{ kW}$

$n_o= 2780 \text{ 1/min}$

Technické provedení do výbušného prostředí



Obr. 7.5 Ventilátor QC – ATX 202- T [11]

7.5 Regulace

Z důvodu udržení stálé vlhkosti a teploty vzduchu musí být monitorována vlhkost a teplota v místnosti vážení a sestavy, ale také průtok vzduchu v potrubí před zvlhčovačem. V potrubí před zvlhčovačem bude umístěno čidlo průtoku vzduchu, za zvlhčovačem bude bezpečnostní hydrostat. V samotné místnosti bude snímač vlhkosti a teploty, hydrostat a termostat. Hydrostat bude vzájemně propojen s termostatem. Zvlhčovač bude ovládán signálem z nadřazeného systému MaR. Celá regulace systému musí být vzájemně spolupracovat.

8. INVESTIČNÍ NÁKLADY

Celkové investiční náklady na zhotovení vzduchotechnického zařízení pro objekt výroby nábojů jsou stanoveny orientačně. Ceny jednotlivých komponentů jsme určili dle katalogů firem ZVVZ, Elektrodesign, Mandík a Multi-VAC. Ceny jednotek Remak, zvlhčovače firmy Flair a textilní vyústky Příhoda byly součástí cenového ohodnocení o které bylo požádáno v rámci této diplomové práce. Podrobný rozpis všech cen je uveden v příloze č. 12.

1) Sanitární prostory :

Jednotka Vento 40 – 20	117 785,- Kč
Distribuční elementy, stěnové mřížky	6 545,- Kč
VZT potrubí	5 253,- Kč
Tvarové dílu, ostatní komponenty	4 313,- Kč
Cena celkem bez DPH	133 896,- Kč

2) Místnosti vážení, sestavy a lakovny :

Jednotka AeroMaster XP 10	218 176,- Kč
Parní zvlhčovač CP3 Basic 60 230V3	57 991,- Kč
Ventilátor QC- ATX 202-T	18 225,- Kč
Distribuční elementy, stěnové mřížky	20 840,- Kč
VZT potrubí	15 637,- Kč
Tvarové dílu, ostatní komponenty	20 847,- Kč
Cena celkem bez DPH	351 716,- Kč
Cena kompletu bez DPH	485 610,- Kč
Cena kompletu s DPH	577 978,- Kč
Montáž a doprava VZT zařízení	144 470,- Kč

Celková cena s DPH	723 000,- Kč
---------------------------	---------------------

9. ZÁVĚR

Úkolem diplomové práce bylo navrhnout vzduchotechnické zařízení pro objekt výroby nábojů. V budově se jednalo především o klimatizaci místnosti vážení a sestavy nábojů, neméně důležité bylo větrání sanitárních prostor a lakovny. Pro větrání a klimatizaci jsem navrhl dvě rozdílné jednotky.

Potrubní jednotka Vento 40-20 firmy Remak, pro sanitární prostory by měla dobře zajistit odsávání znečištěného vzduchu z těchto prostor. Je to dáno také tím, že šatny a sociální zařízení není využíváno po celou pracovní dobu, ale převážně jen při začátku a konci směny. Tomu je také podřízena regulace průtoku vzduchu u ventilátorů, kdy se přizpůsobujeme aktuálním požadavkům na větrání místnosti dle pohybu osob, což je důležitá především kvůli energetickým úsporám. Při navrhování vzduchovodu jsem postupoval tak, aby se při samotné montáži možná co nejméně upravoval interiér – jednotka je zavěšena pod stropem, přívod vzduchu do jednotky je veden ze světlíku ve strojovně.

Pro klimatizaci jsem navrhl sestavnou jednotku AeroMaster XP 10, taktéž od firmy Remak, s umístěním ve strojovně. Jednotka přivádí zvlhčený vzduch nejen do místnosti sestavy a vážení, ale také do lakovny. Tímto řešením přivádíme do lakovny vzduch o parametrech, které původně nebyly pro tento prostor požadovány. Hlavním hlediskem pro volbu této varianty bylo snížení investičních nákladů, jinak bychom museli navrhnout samostatnou jednotku. Vše by bylo nákladnější než zvolené řešení. Přívodní potrubí do jednotky je vedeno ze světlíku, odvodní potrubí je vedeno stěnami nebo okny – dispoziční situace neumožňovala lepší řešení.

Při celkovém návrhu přívodu a odvodu vzduchu jsem musel řídit faktem, že se jedná o prostory s možností výbuchu o kterých pojednává norma ČSN EN 1127-1. Tomu jsou podřízené zvolené distribuční prvky – textilní vyústky, potrubí pro odvod vzduchu z místnosti vážení a sestavy, ventilátor pro lakovnu a celková úprava vzduchu. Celkové řešení splňuje požadavky investora. Vše je zakresleno ve výkresové dokumentaci, součástí bylo také vyčíslení celkových investičních nákladu, které jsou cca 723 000 Kč.

Seznam použité literatury

- [1] CHÝSKÝ, J.; HEMZAL, K a kol.: *Větrání a klimatizace (technický průvodce, sv.č.31 České matice technické)*. Brno: Bolit B press, 1993 . ISBN 80-901574-0-8.
- [2] CENTEROVÁ, L., PAPEŽ, K.: *Technická zařízení budov 30 - vzduchotechnika, cvičení*. Praha: ČVUT, 2000
- [3] HIRŠ, J., GEBAUER, G.: *Vzduchotechnika v příkladech*. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2006. ISBN 80-7204-486-9
- [4] SZEKELYOVÁ, M., FERSTL, K., NOVÝ, R.: *Větrání a klimatizace*. Bratislava: Jaga Group s.r.o., 2006. ISBN 80-8076-037-3
- [5] <http://www.tzb-info.cz>
- [6] <http://www.qpro.cz>
- [7] <http://www.remak.cz>
- [8] <http://www.elektrodesign.cz>
- [9] <http://www.zvvz.cz>
- [10] <http://www.mandik.cz>
- [11] <http://www.multivac.cz>
- [12] <http://www.prihoda.eu/cz>
- [13] <http://www.flair.cz>
- [14] ČSN 73 0548 – *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*

Seznam příloh

- Příloha č. 1 :** Diagram na návrh potrubní sítě
- Příloha č. 2 :** Čtyřhranné potrubí - ZVVZ
- Příloha č. 3 :** Místní odpory
- Příloha č. 4 :** Obdélníkové vyústky
- Příloha č. 5 :** Volba rozměru u kruhových textilních vyústek
- Příloha č. 6 :** Volba tkaniny
- Příloha č. 7 :** $h - x$ diagram pro zvlhčení vzduchu
- Příloha č. 8 :** Výběr zvlhčovače
- Příloha č. 9 :** Instalace zvlhčovače
- Příloha č. 10 :** Umístění zvlhčovače do místnosti
- Příloha č. 11 :** Nástěnný axiální ventilátor – graf
- Příloha č. 12 :** Rozpis investičních nákladů
- Příloha č. 13 :** CD

Výkresová dokumentace:

č.v. SN2ESZ01 – DP.01

č.v. SN2ESZ01 – DP.02

KUSOVNÍK 1

KUSOVNÍK 2

KUSOVNÍK 3

KUSOVNÍK 4